

ботке незасоренной древесины эти величины составляли соответственно 0,0214 мкм/мин и 0,0009 мкм/м при глубине резания 0,5 мм [2], что говорит о снижении периода стойкости в 10-30 раз.

По мере затупления инструмента, мощность необходимая на резание, увеличивается на 0,02 кВт на 1 мкм приращения радиуса закругления режущей кромки. За период исследования мощность, потребляемая электродвигателем, возросла с 0,94 до 1,24 кВт, т. е. на 31%.

В настоящее время основным способом повышения стойкости дереворежущего инструмента является использование материалов, имеющих высокие характеристики износостойкости. К таким инструментам можно отнести ножи из быстрорежущей стали, неперетачиваемые пластины из твердого сплава, инструмент, подвергнутый электроискровому упрочнению, и многие другие. Эти способы имеют наряду с положительным эффектом ряд недостатков: дороговизна используемых материалов, технологическая сложность производства и необходимость использования специализированного оборудования, дорогостоящих шлифовальных кругов для заточки данного типа инструмента.

Одной из альтернатив данным методам является упрочнение методами, формирующими на поверхности инструмента слой износостойкого покрытия. Такие слои возможно формировать методами химико-термической обработки (ХТО). К ним относятся цианирование, хромирование, сульфидирование, борирование, цементирование и др.

#### *Библиографический список*

1. Новосёлов В.Г., Абдулов А.Р. Исследование износостойкости стальных и неперетачиваемых твердосплавных ножей при продольном фрезеровании древесины // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 30 сентября – 3 октября 2008 г. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т. 2008. С. 315-320.

2. Абдулов А.Р., Новоселов В.Г. Исследование износостойкости стальных ножей, упрочненных путем имплантации ионов азота // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: материалы международного евразийского симпозиума, Екатеринбург, 17-20 мая 2011 г. / Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т.- 2008. С.240-242.

**А.В. Алифанов**  
ФТИ НАН Б, Минск, РБ  
**А.А. Гришкевич, В.Н. Гаранин, В.В. Чаевский**  
БГТУ, Минск, РБ  
[dosy@bstu.unibel.by](mailto:dosy@bstu.unibel.by)

## **ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ TiN-ПОКРЫТИЙ НА НОЖАХ ХВОСТОВЫХ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПЛИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ (FEATURES OF TiN COATINGS FORMATION ON BLADES OF TAIL MILLS WHEN PROCESSING OF WOOD PLATE MATERIALS)**

*Упрочнение нитридтитановыми (TiN) покрытиями ножей хвостовых фрез при обработке ДСтП необходимо проводить по задней поверхности кромок. Поверхность*

кромки лезвий ножей фрезы должна полностью находиться в зоне плазменного потока при осаждении покрытия. В качестве материала ножей можно использовать твердый сплав типа BK – 3, который является аналогом сплава марки T03SMG фирмы TIGRA.

*Hardening by TiN-coatings of blades of tail mills when processing wood chip plate materials is necessary for carrying out on a back surface of edges. The surface of blade edges of a mill should be completely in a zone of a plasma flow at coating deposition. As a material of blades it is possible to use the domestic hard alloy of WC – 3 type which is analog of an alloy of the T03SMG brand of TIGRA firm.*

В настоящее время в Республике Беларусь для механической обработки древесины используется только импортный дереворежущий инструмент. Поэтому увеличение периода стойкости как основного показателя ресурса работы применяемого дереворежущего инструмента, создание новых материалов для изготовления отечественного дереворежущего инструмента является актуальной и экономически обоснованной задачей.

Одним из наиболее современных эффективных способов увеличения периода стойкости дереворежущего инструмента, применяемых ведущими зарубежными фирмами по производству дереворежущего инструмента (Leitz, AKE, JSO, TIGRA, Stark, Gold, Schunk, Faba, LEUCO, KANEFUSA CORPORATION и др.), является его изготовление из твердых сплавов или быстрорежущей стали с использованием рационального выбора конструкции инструмента [1].

Известно, что использование метода конденсации вещества из плазменной фазы в вакууме с ионной бомбардировкой поверхности (КИБ) позволяет значительно увеличить физико-механические свойства различных материалов. В частности, существенно возрастает значение периода стойкости модифицированных с помощью метода КИБ дереворежущих фрез различных видов [2, 3].

В конструкции используемого для обработки древесины и плитных материалов в Республике Беларусь дереворежущего фрезерного инструмента в основном применяют твердосплавные импортные ножи, имеющие мелкозернистую структуру с низким содержанием кобальта как связующего компонента (табл. 1), что позволяет повысить надежность и ресурс работы фрез.

Таблица 1

Классификация твердых сплавов различных фирм производителей

ISO	0,1	0,5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
BK	BK3 BK3M				BK6						
			B1322				BK8				
TIZIT			TW10								
			TW15								
					TW220						
					TW20		TW30		TW40		
			TSM10								
			TSM20								
					TSM30						
TIGRA	T03SMG										
		T04F			T06MF		T08MF		T10MF		T12MF
			T06MG		T08MG		T10MG				Tigra
Ceranetal			HC05		HC20		HC27				
							HC35				
Ceratizil	BC01										
		BC05	BC10		BC20		TS30				

Целью данной работы было исследование элементного состава ножей фирмы *Leitz* (Германия) хвостовых дереворежущих фрез, получение TiN-ионно-плазменных покрытий на поверхности импортных ножей, определение оптимальных режимов формирования покрытий, изучение влияния TiN-покрытий на период стойкости модифицированного инструмента при обработке ламинированных ДСтП.

На деревообрабатывающих предприятиях часто сталкиваются с большими трудностями выбора материала ножей для дереворежущего инструмента. На основании анализа данных, представленных в каталогах фирм-производителей твердого сплава, можно заключить, что основными свойствами, характеризующими твердые сплавы, выступают:

- 1) размер зерна (табл. 2);
- 2) количество связующего вещества (кобальта).

От этих характеристик зависят физико-механические свойства твердого сплава, которые, как правило, существенно влияют на характеристики сформированного на твердом сплаве покрытия.

Таблица 2

Маркировка зерен твердых сплавов

Маркировка	Размер зерна, мкм
NG	<0,2
UMG	0,2 – 0,5
SMG	,5 – 0,7
MG	0,7 – 1,0
F	1,0 – 1,4
MF	1,4 – 2,5
M	2,5 – 4,0
C	4,0 – 10
EC	10>

Установлено, что количество кобальта влияет на износостойкость твердого сплава и восприятие ударных нагрузок. Чем выше содержание кобальта, тем выше предел прочности инструмента, изготовленного из твердого сплава или его твердосплавных режущих элементов.

Несмотря на то, что с увеличением размера зерна в конечном итоге улучшается период стойкости инструмента, однако подготовка инструмента с небольшими углами заострения лезвий ножей становится затруднительной. Снижение размера зерна (при неизменной концентрации связующего вещества) ведет не только к снижению периода стойкости инструмента, но и дает возможность более качественно вести подготовку ножей инструмента перед нанесением покрытия.

На рис. 1 представлена схема взаимодействия режущего элемента ножа с обрабатываемым плитным древесным материалом.

Специфика обработки плитных материалов, в отличие от резания натуральной древесины, заключается в том, что по передней поверхности отсутствует образование стружки [4]. Эта особенность отражается на характере износа режущего элемента, связанная с более интенсивной потерей режущей способности по его задней поверхности.

Таким образом, упрочнение режущих элементов следует проводить по их задней поверхности кромки, что позволит с одной стороны снизить основной износ ножа, а с другой – сохранить упрочненный слой после восстановления режущей способности кромки ножа.

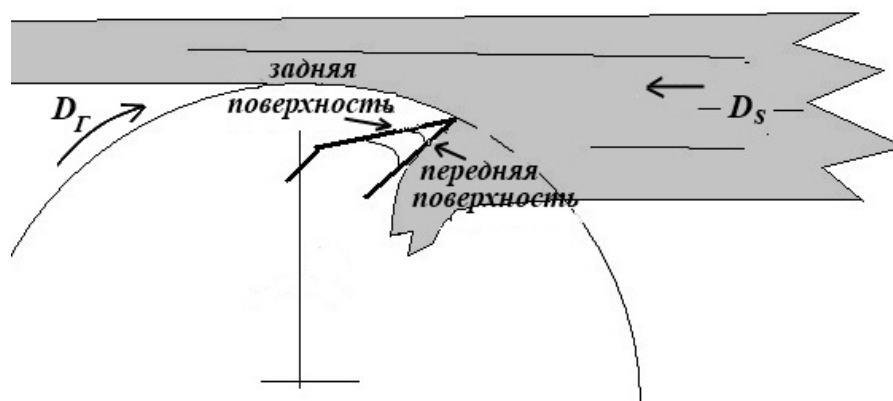


Рис. 1. Схема взаимодействия режущего элемента фрезы с обрабатываемым материалом ( $D_s$  – движение подачи,  $D_r$  – движение главное)

TiN-покрытия осаждались на поверхность двухлезвийных ножей хвостовых фрез методом КИБ на установке ВУ-1Б «Булат» на кафедре деревообрабатывающих станков и инструментов (ДОСИИ) БГТУ в два этапа – с предварительной обработкой ионами титана в вакууме  $10^{-3}$  Па при потенциале подложки 1 кВ и последующим нанесением покрытий при токе горения дуги катода 100 А и опорном напряжении -100 В в атмосфере азота при давлении  $10^{-1}$  Па [5]. Для получения высокой адгезии покрытия к лезвию ножа варьировалось время предварительной ионной очистки и время непосредственного осаждения покрытия. Температура при осаждении покрытия соответствовала 500 – 550 °С. Толщина полученных покрытий не превышала 1,5 мкм.

Для выяснения элементного состава импортного инструмента, определения периода стойкости ножей с TiN-покрытиями при обработке ламинированных ДСтП были выполнены с помощью методов рентгеноспектрального микроанализа (РСМА) и растровой электронной микроскопии (РЭМ) на сканирующем электронном микроскопе JSM-5610 LV (Япония) фрактографические исследования морфологии и элементного состава режущих кромок лезвий инструмента.

Лабораторные испытания на износостойкость лезвий ножей сборной фрезы диаметром 21 мм при резании ламинированного ДСтП толщиной 25 мм с двусторонней отделкой пластей проводились на кафедре ДОСИИ БГТУ на обрабатывающем центре ROVER-B 4.35 (Италия) при следующих режимах: частота вращения фрезы – 12000 мин<sup>-1</sup>; скорость подачи – 4 м/мин; припуск – 5,0 мм / проход; толщина стружки на дуге контакта – 0,15 мм; величина длины резания – 10000 м. Критерием потери режущей способности резца являлось появление сколов отделки плиты.

Ранее было установлено, что TiN-покрытия, осажденные методом КИБ на импортные твердосплавные ножи, имеют ОЦК структуру с текстурой (111) [3].

В результате выполненной работы по формированию TiN-покрытий на поверхности двухлезвийных ножей инструмента была определена оптимальная геометрия расположения кромок лезвий ножей при осаждении покрытия – поверхность кромок лезвий ножей должна полностью находиться в зоне плазменного потока.

Установлено, что испытываемые ножи имеют состав из ~ 96% WC и ~ 4% Co (табл. 3), что соответствует отечественному твердому сплаву ВК – 3.

Таблица 3

Результаты определения состава испытываемых импортных ножей

Элемент	Концентрация, ат. %	Погрешность измерения, ат. %
C	32,89	0,22
W	62,86	0,33
Co	4,25	0,34

Сравнение данных табл. 1 и 3 показывает, что установленный состав материала импортного инструмента соответствует мелкозернистому твердому сплаву T03SMG фирмы TIGRA. Использование данного материала для изготовления фрезерного инструмента, эксплуатируемого при обработке плитных материалов и древесины, обосновано снижением вероятности разрыва связки кобальта и зерен карбидов. Это, в конечном итоге, приводит к повышению надежности дереворежущего инструмента и его периода стойкости.

Исследования морфологии поверхности кромок лезвий ножей подтверждают вывод о мелкодисперсном характере структуры материала ножей (рис. 2). На основании данных РЭМ можно предположить, что размер зерен Co в структуре материала ножей не превышает 0,5 мкм.

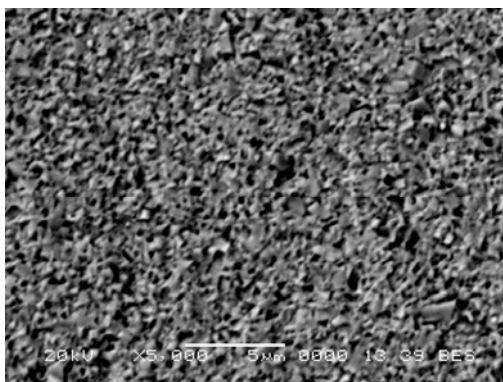


Рис. 2. РЭМ – изображение поверхности кромки лезвия ножа

Изучение закономерности между временем осаждения покрытий и их толщиной на задней грани (табл. 4) показывает их полную корреляцию: максимальная толщина покрытия соответствует наибольшему времени его осаждения.

Таблица 4

Параметры осаждения TiN-покрытий

№ ножа	Время ионной очистки ножа, с	Время осаждения TiN-покрытия на нож, мин.	Напыляемая кромка ножа	Толщина TiN-покрытия кромки ножа, мкм
1	—	—	—	0
2	80	5	задняя	0,5
3	80	10	задняя	0,8
6	140	10	задняя	1,2

Промышленные испытания периода стойкости фрезерного инструмента с непереключаемыми режущими твердосплавными пластинами с TiN-покрытиями, проведенные на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) при резании ДСтП, показали увеличение периода стойкости инструмента с покрытиями на 20 % по сравнению с инструментом без покрытия.

### **Выводы**

1 Установлено, что испытываемые ножи фирмы *Leitz* (Германия) хвостового фрезерного дереворежущего инструмента имеют состав мелкозернистого твердого сплава типа ВК – 3 и соответствуют материалу ножей марки T03SMG фирмы TIGRA (Германия).

2 В связи с тем, что характер износа ножа связан с более интенсивной потерей режущей способности по его задней кромке, упрочнение режущих элементов необходимо проводить по их задней поверхности, что позволит с одной стороны снизить основной износ ножа, а с другой – сохранить упрочненный слой после восстановления режущей способности.

3 При осаждении покрытия поверхность кромок лезвий ножей фрезы должна полностью находиться в зоне плазменного потока.

4 Осажденные методом КИБ TiN-покрытия на импортные двухлезвийные ножи из твердых сплавов типа ВК – 3 хвостовых фрез обеспечивают при обработке материалов из ламинированных ДСтП существенное повышение периода стойкости режущего инструмента. Максимальное значение периода стойкости имеют лезвия ножей с наибольшей полученной толщиной TiN-покрытий. Опытные-промышленные испытания модифицированного инструмента с TiN-покрытиями на ОАО «Минскдрев» (г. Минск) подтверждают актуальность проведенных исследований, а также необходимость повышения периода стойкости и, тем самым, ресурса работы дереворежущего инструмента.

### *Библиографический список*

1. Каталоги фирм: *Leitz, Leuco, Guhdo, Stehle, Faba, Freud*, 2008–2009.
2. Гришкевич А.А., Чаевский В.В. Влияние ионно-плазменных покрытий на износостойкость стальных резцов при резании древесины на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесн. и д-о. пром-сть. – Вып. XVIII., 2010.
3. Гришкевич А.А. Повышение ресурса дереворежущего инструмента с помощью упрочняющих технологий при обработке плитных материалов / А.А. Гришкевич и др // Материалы Междунар. науч.-техн. конф. «Ресурсо- и энергосберегающие технологии и оборудование, экологически безопасные технологии», Минск, 19-20 ноября 2008г. – Минск: БГТУ, 2008.
4. Раповец В.В. Практические результаты экспериментальных исследований резания древесины двухлезвийными резцами на фрезерно-брусующих станках // Труды БГТУ. Сер II, Лесн. и д-о. пром-сть. – Вып. XVI., 2008.